

⑤①

①⑨ BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES



PATENTAMT

Int. Cl. 3:

F 02 B 31/00

DE 30 05 154 A 1

# Offenlegungsschrift

30 05 154

①①

②①

②②

④③

Aktenzeichen:

P 30 05 154.8

Anmeldetag:

8. 2. 80

Offenlegungstag:

2. 10. 80

③①

Unionspriorität:

③② ③③ ③①

9. 2. 79 Japan P 54-14728

13. 2. 79 Japan P 54-15729

⑤④

Bezeichnung:

Motordrehzahlregelung

⑦①

Anmelder:

Matsushita Electric Industrial Co., Ltd., Kadoma, Osaka (Japan)

⑦④

Vertreter:

Ruschke, H., Dr.-Ing.; Ruschke, O., Dipl.-Ing.; Ruschke, H.E., Dipl.-Ing.;  
Pat.-Anwälte, 1000 Berlin u. 8000 München

⑦②

Erfinder:

Akiyama, Ryo, Sakai; Gotou, Makoto, Kadoma; Osaka (Japan)

DE 30 05 154 A 1

**BERLIN**

Patentanwälte  
Dr.-Ing. Hans Ruschke  
Dipl.-Ing. Olaf Ruschke

Auguste-Viktoria-Straße 65  
1000 Berlin 33

Telefon: (0 30) 8 26 38 95  
(0 30) 8 26 44 81

Telex: 1 83 798

Kabel: Quadratur Berlin

Dr. RUSCHKE & PARTNER  
PATENTANWÄLTE  
BERLIN - MÜNCHEN

Berlin, den 8. Februar 1980

**MÜNCHEN**

Patentanwälte  
Dipl.-Ing. Hans E. Ruschke  
Dipl.-Ing. Jürgen Rost

Pienzenauerstraße 2  
8000 München 80

Telefon: (0 89) 98 03 24  
(0 89) 98 72 58  
(0 89) 98 88 00

Telex: 8 22 787

Kabel: Quadratur München

3005154

M 4193

MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL COMPANY, LTD.,

1006 Kadoma, Osaka, Japan

---

P a t e n t a n s p r ü c h e

1, Motordrehzahlregelung, gekennzeichnet durch einen Motor, eine mit diesem gekoppelte frequenzerzeugende Einrichtung, die ein Istfrequenzsignal erzeugt, dessen Frequenz proportional der Motordrehzahl ist, und durch eine an die frequenzerzeugende Einrichtung angeschlossene und ein Regelsignal erzeugende Einrichtung, deren Regelspannungssignal das Motormoment steuert, wobei die das Regelsignal erzeugende Einrichtung eine Einrichtung, die aus dem Ausgangssignal der frequenzerzeugenden Einrichtung einen digitalen Impulszug erzeugt, dessen Impulsbreite der Periode des Istfrequenzsignals entspricht, einen Taktgenerator, der einen stabilen Taktimpulszug erzeugt, dessen Periode wesentlich kürzer als

030040/0613

3005154

- 2 -

die des digitalen Impulszugs ist, eine einen Impulszug fester Impulsbreite erzeugende Einrichtung mit einem Zähler modulo  $N$  ( $N$  ganzzahlig), der die Ausgangsimpulse des Taktimpulsgenerators zu zählen beginnt, wenn er mit der steigenden (oder fallenden) Flanke des digitalen Impulszuges getriggert wird, und einen Impuls fester Impulsbreite abgibt, dessen Impulsbreite gleich der Zähldauer des Mod- $N$ -Zählers ist, eine Impulsverknüpfungsschaltung mit zwei Eingangsanschlüssen, an deren einen der Ausgang der den digitalen Impulszug erzeugenden Einrichtung und an deren anderen der Ausgang der den Impulszug fester Impulsbreite erzeugenden Einrichtung gelegt ist, und die einen dem Drehzahlfehler entsprechenden Impulszug abgibt, indem sie das Ausgangssignal der den digitalen Impulszug erzeugenden Einrichtung mit dem Ausgangssignal der den Impulszug fester Impulsbreite abgebenden Einrichtung verknüpft, eine Tiefpaßfiltereinrichtung, die an die Impulsverknüpfungsschaltung angeschlossen und den den Drehzahlfehler darstellenden Impulszug zu einem stetigen Spannungssignal entsprechend der Impulsbreite des den Drehzahlfehler darstellenden Impulszug umwandelt, eine NF-Anhebeschaltung, die an die Tiefpaßfiltereinrichtung angeschlossen ist und die im Drehzahlfehler-Impulszug enthaltenen niederfrequenten Komponenten anhebt, und eine Motoransteuerung aufweist, die auf die NF-Anhebeschaltung folgt und den Motor antreibt, so daß der Motor ein dem Ausgangssignal der Ansteuerung entsprechendes Drehmoment abgibt.

2. Drehzahlregelung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die den digitalen Impulszug erzeugende Einrichtung einen Teiler enthält, dessen Teilverhältnis eine ganze Zahl mindestens gleich 2 ist.

030040/0613

3. Drehzahlregelung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Mod-N-Zähler einen programmierbaren Zähler aufweist, dessen Zählmodulus mit einem der Motordrehzahl entsprechenden externen digitalen Vorwählsignal eingestellt wird.
4. Drehzahlregelung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Ausgang der Impulsverknüpfungseinrichtung einen von drei Zuständen, d.h. den Zustand log.1, den Zustand log.0 und einen hochohmigen Zustand annehmen kann.
5. Drehzahlregelung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die NF-Anhebeschaltung ein aktives Filter mit einem Operationsverstärker aufweist, in dessen Rückkoppelzweig sich ein Kondensator befindet.
6. Drehzahlregelung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Tiefpaßfiltereinrichtung und die NF-Anhebeschaltung durch ein einziges aktives Filter mit Tiefenfrequenzanhebung ersetzt sind, wobei dieses aktive Filter als Teil der Tiefpaßfiltereinrichtung einen Kondensator im Rückkoppelzweig enthält.
7. Drehzahlregelung, gekennzeichnet durch einen Motor, eine mit dem zu regelnden Motor gekoppelte frequenzerzeugende Einrichtung, die ein Istfrequenzsignal abgibt, dessen Frequenz proportional der Motordrehzahl ist, und durch eine ein Regelsignal erzeugende Einrichtung, die an die frequenzerzeugende Einrichtung angeschlossen ist und ein Regelspannungssignal erzeugt, das das Motordrehmoment steuert, wobei die das Regelsignal erzeugende Einrichtung eine Einrichtung, die aus dem Ausgangssignal der frequenzerzeugenden Einrichtung einen digitalen Impulszug erzeugt, einen Taktimpulsgenerator, der

einen stabilen Taktimpulszug erzeugt, dessen Periode wesentlich kürzer als die des digitalen Impulszuges ist, eine erste, einen Impulszug fester Impulsbreite erzeugende Einrichtung mit einem Zähler modulo  $N$  ( $N$  ganzzahlig), der die Ausgangsimpulse des Taktimpulsgenerators zu zählen beginnt, wenn er von der steigenden (oder fallenden) Flanke des digitalen Impulszuges getriggert wird, und einen ersten Impulszug fester Impulsbreite abgibt, dessen Impulsbreite gleich der Zählzeit des Mod- $N$ -Zählers ist, eine zweite, einen Impulszug fester Impulsbreite abgebende Einrichtung mit einem Zähler modulo  $M$  ( $M$  ganzzahlig), der die Ausgangsimpulse des Taktimpulsgenerators zu zählen beginnt, wenn er durch die steigende (oder fallende) Flanke des ersten Impulszuges fester Impulsbreite ausgelöst wird, und einen zweiten Impulszug fester Impulsbreite abgibt, dessen Impulsbreite gleich der Zählzeit des Mod- $M$ -Zählers ist, eine Impulsverknüpfungseinrichtung mit zwei Eingangsanschlüssen, an deren einen der Ausgang der ersten, einen Impulszug fester Impulsbreite erzeugenden Einrichtung und an deren anderen der Ausgang der zweiten, einen Impulszug fester Impulsbreite erzeugenden Einrichtung angeschlossen ist, und die einen Drehzahlfehler-Impulszug erzeugt, indem sie das Ausgangssignal der ersten, einen Impulszug fester Impulsbreite abgebenden Einrichtung mit dem Ausgangssignal der zweiten, einen Impulszug fester Impulsbreite abgebenden Einrichtung verknüpft, eine Tiefpaßfiltereinrichtung, die an die Impulsverknüpfungsschaltung angeschlossen ist und den Drehzahlfehler-Impulszug in ein dessen Impulsbreite entsprechendes stetiges Spannungssignal umwandelt, eine Tieffrequenzanhebeeinrichtung, die an die Tiefpaßfiltereinrichtung angeschlossen ist und die tieferen Frequenzanteile im Drehzahlfehler-Impulszug anhebt, und eine Motoransteuerung aufweist, die an die Tieffrequenzanhebeeinrichtung angeschlossen ist, so daß der Mo-

tor ein dem Ausgangssignal der Motoransteuereinrichtung entsprechendes Drehmoment erzeugt.

8. Drehzahlregelung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Mod-N-Zähler oder der Mod-M-Zähler programmierbar ist dahingehend, daß der Zählwert mit einem der Drehzahl des Motors entsprechenden externen digitalen Vorwählsignal einstellbar ist.

9. Drehzahlregelung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Ausgang der Impulsverknüpfungsschaltung drei Zustände annehmen kann, d.h. den Zustand log. 1, den Zustand log.0 und einen hochohmigen Zustand.

10. Drehzahlregelung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Tieffrequenzanhebereinrichtung ein aktives Filter mit einem Operationsverstärker aufweist, der als Rückkoppelement einen Kondensator enthält.

11. Drehzahlregelung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Tiefpaßfiltereinrichtung und die Tieffrequenzanhebereinrichtung durch ein einziges aktives Filter mit Tiefenanhebung ersetzt sind, das so aufgebaut ist, daß ein Kondensator in einem Teil des Rückkoppelzweiges der Tiefpaßfiltereinrichtung liegt.

---

### Motordrehzahlregelung

---

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Motordrehzahlregelung und insbesondere eine Anordnung mit einem Motor, einen Frequenzgenerator, dessen Frequenzsignal der Drehgeschwindigkeit des Motors proportional ist, und einem Steuersignalgenerator, der ein Steuerspannungssignal erzeugt, das gegenüber einem Bezugsfrequenzsignal dem Drehzahlfehler des Motors entspricht.

Aus dem Stand der Technik sind phasengeregelte Motoren bekannt, mit denen man die Drehzahl beispielsweise von Plattenspiellern stabil hält. Ein Vorteil der Phasenregelung eines Motors ist, daß der Motor sich unter Benutzung eines Bezugssignals sehr genau stabilregeln läßt; das Bezugssignal wird dabei aus einem Quarzoszillator oder dergleichen abgeleitet. Der Motor läuft dann bei beliebigem Lastmoment stabil und gleichmäßig.

Ein phasengesteuerter Motor weist jedoch zwei Regelkreise auf, d.h. den Drehzahlregelkreis und den Phasenregelkreis. Dieser Umstand kompliziert die Konstruktion des Motors sowie auch seine Einstellung. Weiterhin können die beiden Kreise miteinander in Wechselwirkung treten, so daß die Motorfunktion beeinträchtigt wird und der Einrastvorgang beim Anlaufen des Motors sehr lange dauert.



Bei herkömmlichen phasengeregelten Motoren bewirken weiterhin Änderungen der Umgebungstemperatur und langfristige Änderungen der Eigenschaften der verwendeten elektronischen Bauelemente eine Verschiebung der Arbeitspunkte und des Haltebereichs ("lock range") des Motors.

Es ist daher das Ziel der vorliegenden Erfindung, eine Drehzahlregelung anzugeben, die von den obengenannten Mängeln frei ist.

Dieses Ziel wird nach der vorliegenden Erfindung erreicht mit einer Drehzahlregelung mit einem Motor, einer mit dem zu regelnden Motor gekoppelten frequenzerzeugenden Einrichtung, die ein Frequenzsignal erzeugt, dessen Frequenz der Drehgeschwindigkeit des Motors proportional ist, und mit einer ein Steuersignal erzeugenden Einrichtung, die mit der frequenzerzeugenden Einrichtung gekoppelt ist und ein Regelspannungssignal abgibt, das das Motormoment steuert. Dabei weist die das Regelsignal erzeugende Einrichtung eine Einrichtung, die einen Impulszug aus dem Ausgangssignal der frequenzerzeugenden Einrichtung herstellt, wobei die Impulsbreite dieses Impulszuges der Periode des Frequenzsignals entspricht, einen Taktgenerator, der einen stabilen Taktimpulszug erzeugt, dessen Periode wesentlich kürzer als die des digitalen Impulszuges ist, eine weitere Einrichtung, die einen Impulszug fester Impulsbreite erzeugt und einen Zähler modulo  $N$  ( $N$  ganzzahlig) enthält, der die Ausgangsimpulse des Taktgenerators zu zählen beginnt, wenn er von der positiven (oder negativen) Flanke des digitalen Impulszuges ausgelöst wird, und einen Impulszug fester Impulsbreite abgibt, dessen Impulsbreite gleich der Zählzeit des Teilers ist, eine Impulsverknüpfungsschaltung mit zwei Eingangs-



schlüssen, an deren einen der Ausgang der den digitalen Impulszug erzeugenden Einrichtung und an deren anderen der Ausgang der den Impulszug fester Impulsbreite abgebenden Einrichtung gelegt ist, und die das Ausgangssignal der den digitalen Impulszug abgebenden Einrichtung und das Ausgangssignal der den Impulszug fester Impulsbreite erzeugenden Einrichtung zu einem Drehzahlfehler-Impulszugsignal verknüpft. An die Impulsverknüpfungsschaltung ist eine Tiefpaßfiltereinrichtung angeschlossen und wandelt den Fehlerimpulszug in ein stetiges Spannungssignal entsprechend der Impulsbreite des den Drehzahlfehler darstellenden Impulszuges um. Eine auf die Tiefpaßfiltereinrichtung folgende Einrichtung hebt die niederfrequenten Komponenten des Fehlerimpulszuges an. Schließlich ist eine Motoransteuerschaltung an die Anhebeeinrichtung angeschlossen und steuert den Motor so an, daß dieser ein Drehmoment entsprechend dem Ausgangssignal der Motoransteuerschaltung erzeugt.

Das angegebene Ziel wird nach der vorliegenden Erfindung weiterhin mit einer Motorregelung erreicht, die einen Motor, eine mit dem zu regelnden Motor gekoppelte frequenz-erzeugende Einrichtung, die ein Istfrequenzsignal erzeugt, dessen Frequenz proportional der Drehgeschwindigkeit des Motors ist, und eine ein Regelsignal erzeugende Einrichtung aufweist, die an die frequenz-erzeugende Einrichtung angeschlossen ist und ein Regelspannungssignal abgibt, mit dem das Motormoment gesteuert wird. Diese Regelsignaleinrichtung weist eine Einrichtung, die einen digitalen Impulszug aus dem Ausgangssignal der frequenz-erzeugenden Einrichtung ableitet, einen Taktimpulsgenerator, der einen stabilen Taktimpulszug abgibt, dessen Periode wesentlich kürzer als die des digitalen Impulszuges ist, einen Impulszug fester

Impulsbreite erzeugende Einrichtung mit einem Zähler modulo  $N$  ( $N$  ganzzahlig), der die Ausgangsimpulse des Taktgenerators zu zählen beginnt, wenn er von der positiven oder der negativen Flanke des digitalen Impulszuges getriggert wird, und einen ersten Impulszug fester Impulsbreite abgibt, dessen Impulsbreite gleich der Zählzeit des Mod- $N$ -Zählers ist, eine zweite, einen Impulszug fester Impulsbreite abgebende Einrichtung mit einem Zähler modulo  $M$  ( $M$  ganzzahlig), der den Ausgangsimpuls des Taktgenerators zu zählen beginnt, wenn er von der positiven (oder negativen) Flanke des ersten Impulszugs fester Impulsbreite getriggert wird, und einen zweiten Impulszug fester Impulsbreite abgibt, dessen Impulsbreite gleich der Zählzeit des Mod- $M$ -Zählers entspricht, einer Impulsverknüpfungsschaltung mit zwei Eingangsanschlüssen, an deren einen der Ausgangsanschluß der ersten, einen Impulszug fester Impulsbreite erzeugenden Einrichtung und an deren anderen der Ausgangsanschluß der zweiten, einen Impulszug fester Impulsbreite erzeugenden Einrichtung gelegt sind, wobei die Impulsverknüpfungseinrichtung einen dem Drehzahlfehler entsprechenden Impulszug abgibt, indem sie das Ausgangssignal der ersten, einen Impulszug fester Impulsbreite abgebenden Einrichtung mit dem Ausgangssignal der zweiten, einen Impulszug fester Impulsbreite abgebenden Einrichtung verknüpft, eine an die Impulsverknüpfungsschaltung angeschlossene Tiefpaßfiltereinrichtung, die den Drehzahlfehler-Impulszug in ein stetiges Spannungssignal entsprechend der Impulsbreite des Fehlerimpulszugs umwandelt, eine auf die Tiefpaßfiltereinrichtung folgende Einrichtung, die die im Drehzahlfehler-Impulssignal enthaltenen tieferfrequenten Komponenten anhebt, und eine an die Anhebeeinrichtung angeschlossene Motoransteuerung aufweist, die den Motor ansteuert, so daß dieser ein dem Ausgangssignal der Motoransteuerung entsprechendes Drehmoment erzeugt.

030040/0613

Die Drehzahlregelung nach der vorliegenden Erfindung, die nur einen Drehzahlregelkreis aufweist, hat die gleiche ausgezeichnete Stabilität wie ein herkömmlicher phasengesteuerter Motor mit zwei Regelkreisen.

Das Ziel und die Besonderheiten der vorliegenden Erfindung sollen unter Bezug auf die beigefügten Zeichnungen nun ausführlich erläutert werden.

Fig. 1 ist ein Blockschaltbild einer Drehzahlregelung nach der vorliegenden Erfindung;

Fig. 2 ist eine Geschwindigkeitsfehler erfassende Schaltung, wie sie das System der Fig. 1 enthält;

Fig. 3, 4 und 5 zeigen Zeitdiagramme zur Erläuterung der Fehlerermittlungsschaltung der Fig. 2;

Fig. 6 ist ein Schaltbild eines programmierbaren Impulsgenerators mit fester Impulsbreite, der anstelle des Impulsgenerators fester Impulsbreite der Fig. 2 eingesetzt werden kann, wenn die Drehzahlregelung mit einstellbarer Geschwindigkeit arbeiten soll;

Fig. 7A ist ein Schaltbild eines Tiefpaßfilters, wie es im System der Fig. 1 verwendet ist, und

Fig. 7B zeigt als Diagrammkurve die Eigenschaften dieses Tiefpaßfilters;

Fig. 8A ist ein Schaltbild einer Anhebeschaltung für das System der Fig. 1, während die

Fig. 8B als Kurve die Eigenschaften dieser Schaltung zeigt;

Fig. 9 und 10 zeigen als Diagrammkurven die Regелеigenschaften der Drehzahlregelung nach der vorliegenden Erfindung und einer herkömmlichen Drehzahlregelung; dabei zeigt die Fig. 9 den Zusammenhang zwischen Störmomentfrequenz und der Drehzahlschwankung und die Fig. 10 den Zusammenhang zwischen dem Lastmoment und dem Drehzahlfehler;

Fig. 11A ist ein Schaltbild einer Filterschaltung aus dem in Fig. 1 gezeigten Tiefpaßfilter und dem in Fig. 8 gezeigten Verstärker;

Fig. 11B zeigt als Diagrammkurve die Eigenschaften der Filterschaltung;

Fig. 12 ist ein Blockdiagramm einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung; und

Fig. 13, 14 und 15 zeigen als Zeitdiagramme die Funktionsweise der Geschwindigkeitsfehler erfassenden Schaltung im System der Fig. 12.

Es soll nun zunächst an der Fig. 1 der Aufbau der Drehzahlregelung nach der vorliegenden Erfindung erläutert werden.

Das Bezugszeichen 1 bezeichnet einen GS-Motor, das Bezugszeichen 2 einen Frequenzgenerator, der ein Frequenzsignal proportional der Drehgeschwindigkeit des Motors 1 abgibt. Die Signalformerschaltung 3 wandelt das Ausgangssignal des Frequenzgenerators 2 zu einer Rechteckwelle um und teilt dessen Frequenz. Der Taktimpulsgenerator 4 besteht aus einem stabilen Oszillator - beispielsweise einem Quarzoszillator. Das Bezugszeichen 5 bezeichnet einen Impulsgenerator, der Impulse fester Breite abgibt, und weist einen Zähler modulo  $N$  ( $N$  ganzzahlig) auf, der von der negativen Flanke des Aus-

gangssignals der Signalformerschaltung 3 getriggert wird. Sein Ausgangssignal ist log. 1, bis er N der vom Taktgenerator abgegebenen Impulse gezählt hat, und wird dann log.0.

Das Bezugszeichen 6 bezeichnet eine Impulsverknüpfungsschaltung, die die Ausgangsimpulse der Signalformerschaltung 3 mit den Ausgangsimpulsen des Impulsgenerators 5 zu einem Impulszug verknüpft, dessen Impulsbreite proportional dem Drehzahlfehler des Motors 1 gegenüber der Bezugsfrequenz (Solldrehzahl) ist. Das Tiefpaßfilter glättet die Ausgangsimpulse aus der Verknüpfungsschaltung 6 und verwandelt diese zu einem Gleichspannungssignal. Das Bezugszeichen 8 bezeichnet eine Tiefenanhebeschaltung, die die tieferfrequenten Komponenten (mit Gleichanteil) im Ausgangssignal des Tiefpaßfilters 7 anhebt.

Die Motor-Ansteuerschaltung 9 verstärkt das Ausgangssignal der Anhebeschaltung 8 und liefert dem Motor 1 die elektrische Betriebsleistung. Der Signalformer 3, der Impulsgenerator 5 und die Impulsverknüpfungsschaltung 6 bilden eine Drehzahlfehler erfassende Schaltung 10; der Motor 1, der Frequenz-erzeuger 2, die Geschwindigkeitsfehler erfassende Schaltung 10, das Tiefpaßfilter 7, die Anhebeschaltung 8 und die Motoransteuerschaltung 9 bilden gemeinsam einen Drehzahlregelkreis.

Die Fig. 2 stellt ein Schaltbild der Drehzahlfehler erfassenden Schaltung 10 dar. Das Bezugszeichen 21 bezeichnet einen Zähler modulo N mit einem Taktsignaleingang CK, dem Ausgangsanschluß  $\overline{DO}$  und einem Löscho- bzw. Rücksetzanschluß CL; diese Schaltung ist so aufgebaut, daß man, indem man log.0 auf den Anschluß CL gibt, den Zählerinhalt auf log.0 zurücksetzen kann. Das Bezugszeichen 22 bezeichnet eine Dif-

ferenzierschaltung, die die negative Flanke des Eingangssignals am Punkt B differenziert, während das RS-Flipflop 23 mit einem log.0-Signal getriggert wird. Der Teiler 21, die Differenzierschaltung 22 und das RS-Flipflop 23 bilden den Generator 5, der Impulse fester Breite abgibt.

Es soll nun die Arbeitsweise des Impulsgenerators 5 beschrieben werden. Es sei zunächst angenommen, daß das RS-Flipflop 23, d.h. sein Anschluß Q sich im Zustand log.0 befindet und daß das Impulseingangssignal am Punkt B liegt. Das Eingangsimpulssignal wird von der Differenzierschaltung 22 differenziert und das differenzierte Signal setzt das RS-Flipflop 23, dessen Anschluß Q von log.0 auf log.1 springt. Da der Anschluß Q mit dem Anschluß CL des Teilers 21 verbunden ist, beginnt dieser nun die am Anschluß CK (Punkt A) liegenden Taktimpulse aufwärtszuzählen.

Hat nun der Zähler 21 N Impulse gezählt, springt der Anschluß  $\overline{DO}$  von log.1 auf log.0 und wird das RS-Flipflop 23 rückgesetzt. Der Anschluß Q wird dann auf log.0 gehalten, bis der nächste Eingangsimpuls am Punkt B erscheint.

Es erzeugt also der Impulsgenerator 5, der mit der negativen Flanke des Eingangssignals am Punkt B getriggert wird, einen Impuls fester Breite  $N \cdot T$ , wobei  $T$  die Periode des Taktimpulses und N der Zählwert des Zählers bzw. Teilers 21 ist.

Das Bezugszeichen 24 bezeichnet einen Verstärker, der das Ausgangssignal des Frequenzgenerators 2 verstärkt, während die Signalformerschaltung 25 die Ausgangswelle desselben zu einer Rechteckwelle umformt. Das Bezugszeichen 26 bezeichnet einen Teiler mit dem Teilerverhältnis 2. Der Verstärker 24, der Signalformer 25 und der Teiler 26 bilden die Signalformerschaltung 3.

030040/0613



Das Bezugszeichen 27 bezeichnet ein ODER-Glied, das Bezugszeichen 28 ein UND-Glied. Über den Widerstand 29 wird dem PNP-Transistor 33, über den Widerstand 30 einem NPN-Transistor 34 Basisstrom zugeführt. Die Widerstände 31, 32 verhindern Leckströme der Transistoren 33, 34. Das ODER-Glied 27, das UND-Glied 28 und die Widerstände 29, 30, 31 und 32 bilden die Impulsverknüpfungsschaltung 6. Der Ausgangsanschluß der Impulsverknüpfungsschaltung 6 (Punkt E) kann drei Zustände annehmen, wie unten erläutert.

Im ersten Zustand fließt Strom in diesen Ausgang hinein, wenn sowohl der Punkt D als auch der Punkt B auf log.1 liegen. Im zweiten Zustand fließt Strom aus dem Ausgang hinaus, wenn der Punkt D und auch der Punkt B auf log.0 liegen. Im dritten Zustand ist dieser Ausgang durch einen hohen Widerstand gekennzeichnet; er tritt auf, wenn der Punkt B und der Punkt D unterschiedliche Logikpegel führen.

Die Fig. 3, 4 und 5 zeigen als Zeitdiagramme die Funktionsweise der in der Fig. 1 oder Fig. 2 gezeigten Ausführungsform. Die in den Fig. 3 - 5 verwendeten Bezugszeichen C, B, D und E entsprechen denen der Fig. 1 und 2. Die Fig. 3 gilt für den Fall, daß die Drehzahl des Motors 1 höher als die Bezugsdrehzahl ist; die Fig. 4 gilt für den Fall einer niedrigeren Drehzahl als die Bezugsdrehzahl und die Fig. 5 für den Fall der Gleichheit der Motor- und der Bezugsdrehzahl.

In der Fig. 3 ist die Ausgangsfrequenz des Generators 2 am Punkt C gleich  $f_1$ . Nimmt man an, daß der Wert  $\gamma$ , d.h. die Periode der Taktimpulse am Punkt A, und der Wert N, d.h. der Zählwert des Mod-N-Zählers 21 im Impulsgenerator 5, konstant sind und über die Beziehung



$$N \cdot \tau = \frac{1}{f_0} \quad (1)$$

zusammenhängen (in der  $f_0$  die Ausgangsfrequenz des Frequenzgenerators 2 bei auf die Bezugsdrehzahl eingerasteter Motordrehzahl), nehmen während des Intervalls  $\tau_1$ , das sich mit der Beziehung (2) ausdrücken läßt, der Punkt B und auch der Punkt D den Pegel  $\log 1$  an, während in den Punkt E Strom hinfließt.

$$\tau_1 = N \cdot \tau - \frac{1}{f_1} = \frac{1}{f_0} - \frac{1}{f_1} \quad (2)$$

Die Impulsverknüpfungsschaltung 6 zieht also Strom vom Eingang des Tiefpaßfilters 7 ab, so daß die Ausgangsspannung des Tiefpaßfilters 7 sinkt. Da der Ausgangsanschluß des Tiefpaßfilters 7 über die Tiefenanhebeschaltung 8 mit der Motoransteuerschaltung 9 verbunden ist, sinkt infolge der geringeren Ausgangsspannung des Tiefpaßfilters 7 auch die Ausgangsfrequenz des Frequenzgenerators 2, nämlich die Frequenz am Punkt C, da die Drehzahl des Motors 1 gesunken ist.

Zur Fig. 4 sei angenommen, daß die Ausgangsfrequenz des Frequenzgenerators 2 den Wert  $f_2$  hat. Während des Intervalls  $\tau_2$ , das sich mit der Beziehung (3) ausdrücken läßt, nehmen der Punkt B und der Punkt D beide den Wert  $\log 0$  an, während der Punkt E Strom liefert.

$$\tau_2 = \frac{1}{f_2} - N \cdot \tau = \frac{1}{f_2} - \frac{1}{f_0} \quad (3)$$

Die Impulsverknüpfungsschaltung 6 liefert also Strom an den

Eingang des Tiefpaßfilters 7, so daß dessen Ausgangsspannung steigt. Infolge der höheren Ausgangsspannung des Tiefpaßfilters 7, der Tiefenanhebeschaltung 8 und der Motoransteuerschaltung 9 nimmt auch die Ausgangsfrequenz des Frequenzgenerators 2 zu, da die Drehzahl des Motors 1 gestiegen ist.

Da im Fall der Fig. 5 der Punkt B und der Punkt D durchweg unterschiedliche Spannung führen, sind beide Transistoren 33, 35 gesperrt, so daß der Ausgangsanschluß der Impulsknüpfungsschaltung 6 hochohmig wird. Da am Punkt E kein Strom ab- oder zufließt, bleibt die Ausgangsspannung des Tiefpaßfilters 7 ebenso wie die Drehzahl des Motors 1 konstant.

Wie sich aus dieser Erläuterung ergibt, ist bei konstanter Drehzahl des Motors 1 die Beziehung (4) erfüllt:

$$1/f_G = N \cdot \gamma \quad (4)$$

in der  $f_G$  die Ausgangsfrequenz des Frequenzgenerators 2 ist.

Die Fig. 6 zeigt das Schaltbild eines programmierbaren Impulsgenerators 41 für Impulse fester Impulsbreite, der anstelle des Impulsgenerators 5 der Fig. 2 verwendet werden kann, wenn die Geschwindigkeitsregelung für den Motor verstellbar sein soll. In der Fig. 6 bezeichnen die Bezugszeichen 22, 23 die Differenzierschaltung und das RS-Flipflop wie oben. Das Bezugszeichen 42 bezeichnet einen Vorwählzähler aus einem programmierbaren Zähler mit Vorwähleingängen und verschiedenen Verknüpfungsschaltungen. Der Ausgang  $\overline{D0}$

des programmierbaren Zählers wird  $\log.0$ , wenn er den an den Vorsetzeingängen binär eingestellten Zählwert erreicht hat. Das Bezugszeichen 43 bezeichnet eine Vorwählschaltung, mit der die Vorwählzahl binär in den Vorwählzähler 42 eingegeben werden kann, und besteht aus Schaltern 44 und Widerständen 45 zur Einstellung des  $\log.1$ -Pegels.

Jeder der Vorwähleingänge des Vorwählzählers 42 entspricht einer der Zahlen  $2^0, 2^1, \dots, 2^n$ ; indem man die Schalter 44 der gewünschten Vorwählzahl entsprechend einstellt, kann man mit dem Impulsgenerator 41 Impulse unterschiedlicher Breite erzeugen.

Wie mit den Zeitdiagrammkurven der Fig. 5 erläutert, ist die Drehzahl des Motors in dem oben erläuterten System eingeregelt, wenn der Ausdruck (4) erfüllt ist. Ändert man den Wert  $N$ , d.h. den Zählmodul des Vorwählzählers 42, durch entsprechendes Einstellen der Schalter 44, ändert man das Produkt  $N \cdot \gamma$  und damit auch den Wert von  $f_G$ , d.h. die Ausgangsfrequenz des Frequenzgenerators 2 und somit auch die Drehzahl des Motors 1.

In der vorgehenden Beschreibung besteht die Vorwählschaltung 43 aus den Schaltern 44; sie ist jedoch auf diese Schalter nicht beschränkt. Beispielsweise kann man -BCD-kodierte Digitalschalter oder Schaltwerke aus Verknüpfungsschaltungen und Zählern verwenden.

Die Fig. 7A zeigt eine Ausführungsform des Tiefpaßfilters 7 aus einem Operationsverstärker 51, den Widerständen 52, 53, 54, den Kondensatoren 55, 56 und einer Bezugsspannungsquelle 57. Die Fig. 7B zeigt an einer Kurve die Eigenschaften des Tiefpaßfilters 7. Die Fig. 8A zeigt eine Ausführungsform der

Tiefenanhebeschaltung 8 aus einem Operationsverstärker 61, den Widerständen 62, 63, einem Kondensator 64 und einer Bezugsspannungsquelle 65. Die Fig. 8B zeigt an einer Kurve die Eigenschaften der Tiefenanhebeschaltung 8.

Das Tiefpaßfilter 7 glättet die Welligkeit im Ausgangssignal der Impulsverknüpfungsschaltung 6, während die Tiefenanhebeschaltung 8 die tieferfrequenten Anteile sowie den Gleichanteil im Ausgangssignal des Tiefpaßfilters 7 anhebt.

Die Bezugszeichen A und B in der Fig. 9 bezeichnen Kurven, die den Zusammenhang zwischen der Störmomentfrequenz und den Schwankungen der Drehzahl des Motors 1 darstellen. Dabei gilt die Kurve A für den Fall, daß die Tiefenanhebeschaltung 8 im Drehzahlregelkreis vorliegt, während die Kurve B für den Fall des Fehlens einer Anhebeschaltung 8 im Drehzahlregelkreis gilt.

Die Bezugszeichen C und D in der Fig. 10 bezeichnen Kurven, die den Zusammenhang zwischen dem Lastmoment und den Drehzahlschwankungen zeigen. Dabei gilt die Kurve C für den Fall, daß im Drehzahlregelkreis die Anhebeschaltung 8 enthalten ist, während die Kurve D für den Fall des Fehlens der Schaltung 8 gilt. Im Drehzahlregelkreis mit der Anhebeschaltung 8 hat der Operationsverstärker 61 eine sehr hohe Gleichverstärkung, die sich dem Wert  $\infty$  nähert, so daß die Verstärkung im Regelkreis zu hoch ist, um innerhalb des Regelbereichs, wie die Kurve D der Fig. 10 zeigt, für beliebiges Lastmoment einen wesentlichen Drehzahlfehler zuzulassen.

Wie sich aus dieser Erläuterung ergibt, hat eine Drehzahlregelung mit der Anhebeschaltung fast die gleichen Eigen-

schaften wie ein Phasenregelkreis (PLL).

Die Fig. 11A zeigt das Schaltbild eines Filters 7', in dem ein Kondensator 71 im Rückkopplungszweig zusätzlich zum Filter der Fig. 7A liegt. Da das Filter 7' die gleichen Eigenschaften wie das Tiefpaßfilter 7 gemeinsam mit der Tiefenanhebeschaltung 8 (mit Ausnahme der Ausgangspolarität) hat, läßt sich der Aufbau des Regelkreises mit dem Filter 7' anstelle des Tiefpaßfilters 7 und der Anhebeschaltung 8 vereinfachen.

Die Fig. 12 zeigt eine weitere Ausführungsform der Anordnung nach der vorliegenden Erfindung. In diesem Fall sind die Bezugszeichen 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8 und 9 identisch mit denen der Fig. 2; es handelt sich also um einen Motor, einen Frequenzgenerator, einen Taktimpulsgenerator, einen ersten Impulsgenerator, der Impulse fester Breite abgibt, eine Impulsverknüpfungsschaltung, ein Tiefpaßfilter, eine Tiefenanhebeschaltung bzw. eine Motoransteuerschaltung.

Das Bezugszeichen 11 bezeichnet einen zweiten Impulsgenerator, der Impulse fester Breite abgibt und aufgebaut ist wie der erste Impulsgenerator 5. Das Bezugszeichen 10' bezeichnet eine Drehzahlfehler-Erfassungsschaltung aus dem ersten Impulsgenerator 5, dem zweiten Impulsgenerator 11 und der Impulsverknüpfungsschaltung 6. Das Bezugszeichen 12 bezeichnet eine Signalformerschaltung, die das Ausgangssignal des Frequenzgenerators 2 zu einer Rechteckwelle wandelt.

Es sei nun angenommen, daß der erste Impulsgenerator 5 einen Zähler modulo N, der zweite Impulsgenerator 11 einen Zähler modulo M enthält. In der Fig. 12 ist der Ausgangsanschluß des ersten Impulsgenerators 5 an den Eingang des zweiten Impulsgenerators 11 (Punkt E) gelegt. Der zweite Impulsgenerator 11

wird also mit der negativen Flanke des Ausgangsimpulses (der Breite  $N \cdot \tau$ ) des ersten Impulsgenerators 5 getriggert und erzeugt einen Ausgangsimpuls der Breite  $M \cdot \tau$ . Die Impulsverknüpfungsschaltung 6 verknüpft dann diese beiden Impulse der Breite  $N \cdot \tau$  und  $M \cdot \tau$  und gibt einen Ausgangsimpuls ab, dessen Breite proportional dem Drehzahlfehler des Motors 1 ist.

Es soll nun die Arbeitsweise der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben werden. Die Fig. 13, 14 und 15 zeigen anhand von Zeitdiagrammen die Funktionsweise der in Fig. 12 gezeigten Ausführungsform. Dabei gelten die Fig. 13, 14 und 15 jeweils für den Fall, daß die Drehzahl des Motors 1 höher als die Bezugsdrehzahl, niedriger als die Bezugsdrehzahl bzw. gleich der Bezugsdrehzahl ist. Die in den Fig. 13, 14 und 15 benutzten Bezugszeichen B, C, F und G entsprechen den gleichlautenden Bezugszeichen der Fig. 12. Die Ausgangsfrequenz (am Punkt B) des Frequenzgenerators 2 sei  $f_1$  (vergl. Fig. 13). Mit einem Taktimpulszug der Periode  $\tau$  am Punkt A sind der Wert  $N$ , d.h. der Zählwert des Mod-N-Zählers im ersten Impulsgenerator 5, und der Wert  $M$ , d.h. der Zählwert des Mod-M-Zählers im zweiten Impulsgenerator 11, konstant und hängen wie folgt zusammen:

$$N \cdot \tau + M \cdot \tau = 1/f_0 \quad (5)$$

wobei  $f_0$  die Ausgangsfrequenz des Frequenzgenerators 2 ist, wenn der Motor 1 mit der Bezugsdrehzahl läuft. Während des Intervalls  $\tau_1$ , der sich aus der Beziehung (6) bestimmen läßt, sind der Punkt C und der Punkt F beide auf log.1 und dem Punkt G fließt Strom zu.



- 22 -

$$\tau_1 = (N+M) - \frac{1}{f_1} = \frac{1}{f_0} - \frac{1}{f_1} \quad (6)$$

Die Impulsverknüpfungsschaltung 6 zieht also vom Eingang des Tiefpaßfilters 7 Strom ab, so daß die Ausgangsspannung des Filters 7 sinkt. Da der Ausgangsanschluß des Tiefpaßfilters 7 über die Tiefenanhebeschaltung 8 mit der Motoransteuerschaltung 7 verbunden ist, senkt die niedrigere Ausgangsspannung des Tiefpaßfilters 7 die Ausgangsfrequenz des Frequenzgenerators 2, nämlich die Frequenz am Punkt B, da die Drehgeschwindigkeit des Motors 1 abnimmt.

Zur Fig. 14 sei angenommen, daß die Ausgangsfrequenz des Frequenzgenerators 2 den Wert  $f_2$  habe. Während des Intervalls  $\tau_2$ , der sich aus der Beziehung (7) bestimmt, führen der Punkt C und der Punkt F beide das Signal log.0, während der Punkt G Strom abgibt.

$$\tau_2 = \frac{1}{f_2} - (N+M) = \frac{1}{f_2} - \frac{1}{f_0} \quad (7)$$

Die Impulsverknüpfungsschaltung 6 führt also Strom dem Eingang des Tiefpaßfilters 7 zu und erhöht dessen Ausgangsspannung, die über die Tiefenanhebeschaltung 8 und die Motoransteuerschaltung 9 die Ausgangsfrequenz des Frequenzgenerators 2 erhöht, indem sie die Drehzahl des Motors 1 steigert.

Im Fall der Fig. 15 führen der Punkt C und der Punkt F nie das gleiche Potential; der Ausgangs (Punkt G) der Verknüpfungsschaltung 6 wird also hochohmig. Da am Punkt G kein Strom zu- oder abfließt, bleibt die Ausgangsspannung des Tiefpaßfilters 7 konstant, desgleichen die Drehzahl des Motors 1.



Wie sich aus Vorgehendem ergibt, ist bei eingerastetem Motor 1 die folgende Beziehung erfüllt:

$$1/f_G = N \cdot \gamma \quad (8)$$

in der  $f_G$  die Ausgangsfrequenz des Frequenzgenerators 2 ist. In dieser Ausführungsform läßt sich ebenfalls die Drehzahl des Motors 1 verstellen, indem man den Impulsgenerator 5 durch den programmierbaren Impulsgenerator 41 ersetzt, der anhand der Fig. 6 beschrieben wurde.

Wie erwähnt, hat die Drehzahlregelung nach der vorliegenden Erfindung zahlreiche Vorteile, die sich wie folgt zusammenfassen lassen.

1. Obgleich die Drehzahlregelung nach der vorliegenden Erfindung nur einen Regelkreis aufweist, ergibt sie die gleichen Lasteigenschaften wie bei einem phasengeregelten Motor mit zwei Regelkreisen, d.h. einem Geschwindigkeits- und einem Phasenregelkreis. Es können also sich keine zwei Regelkreise gegenseitig beeinflussen und der Arbeitspunkt des Regelkreises kann sich infolge von Änderungen der Umgebungstemperatur oder Langzeitänderungen der Eigenschaften der verwendeten elektronischen Bauteile nicht verschieben.

2. Da der Drehzahlfehler des Motors digital erfaßt wird, kann kein Erfassungsfehler - mit Ausnahme eines einzigen Bits - auftreten. Der Motor dreht also bei Verwendung eines stabilen Bezugsfrequenzsignals wie des Ausgangssignals eines Quarzoszillators als Taktimpuls stabil und genau.

3. Bei eingerastetem Motor gibt die Fehlerermittlungsschaltung (Impulsverknüpfungsschaltung) weder Strom ab noch nimmt sie Strom auf und sie erzeugt auch keine Stromimpulse, so daß der Motor stetig angesteuert wird, auch wenn man die Zeitkonstante des Tiefpaßfilters verkürzt.

4. Ändert man den Zählwert des Zählers in der die Drehzahlfehler erfassenden Schaltung, um die Motordrehzahl zu ändern, braucht man nicht den Arbeitspunkt der Drehzahlregelschaltung zu verschieben, daß der Ausgang der die Drehzahlfehler erfassenden Schaltung hochohmig wird und die Drehzahl des Motors selbsttätig auf den Bezugswert einrastet.

5. In der die Drehzahlfehler erfassenden Digitalschaltung nach der vorliegenden Erfindung liegen - im Gegensatz zu herkömmlichen Schaltungen mit Sample-Hold-Anordnungen - keine Kondensatoren vor. Die Drehzahlregelung läßt sich also billig beispielsweise in TTL- oder CMOS-Technik integrieren.

/bm

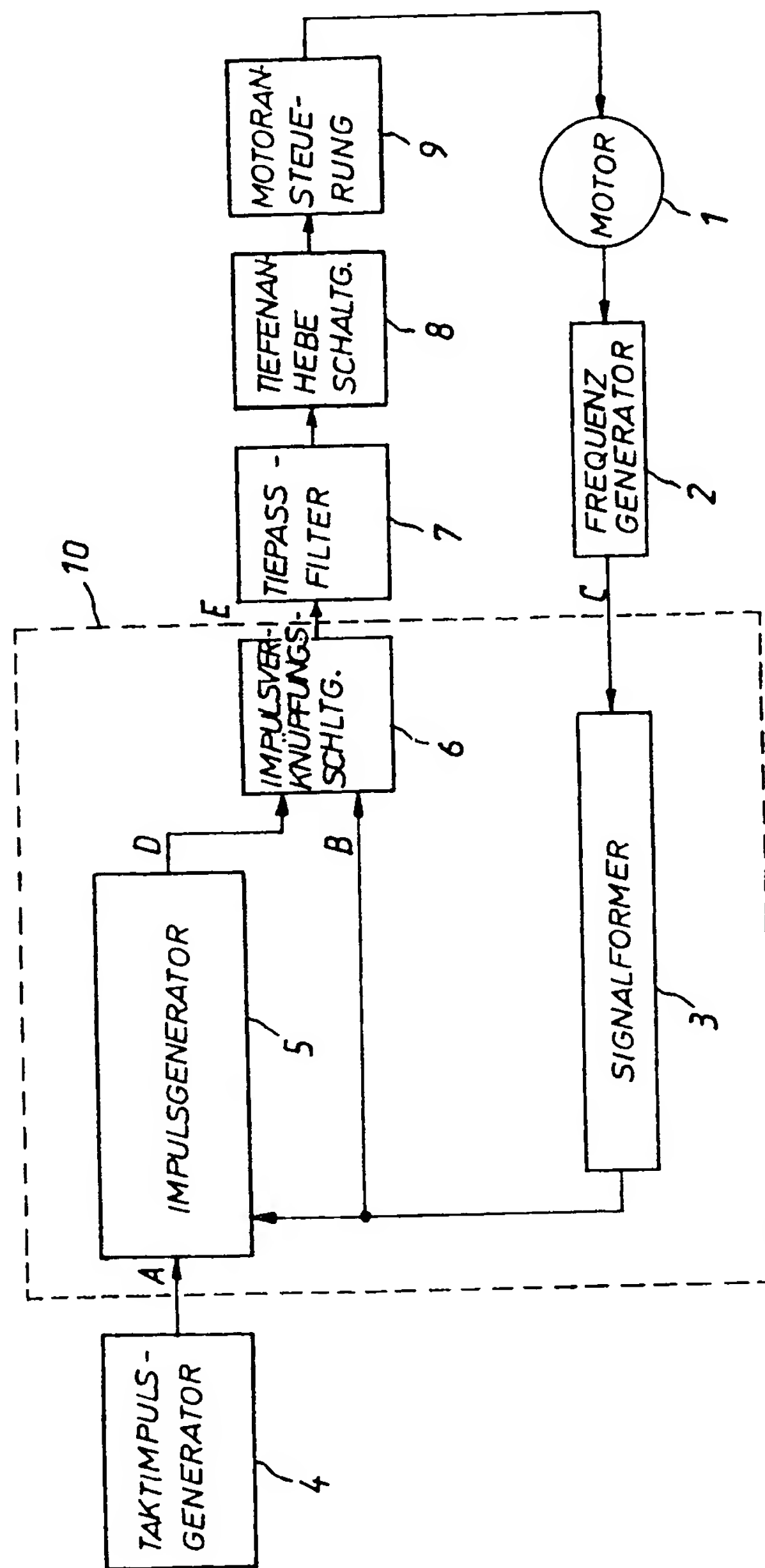
Zusammenfassung:

Drehzahlregelung mit einem Motor, einer frequenzerzeugenden Einrichtung zur Erzeugung eines Istfrequenzsignals, dessen Frequenz proportional der Motordrehzahl ist, und einer ein Regelsignal erzeugenden Einrichtung. Die das Regelsignal erzeugende Einrichtung erzeugt einen Drehzahlfehler-Impulszug, der zur Verbesserung der Lasteigenschaften des Motors ausgewertet wird. Die Motordrehzahl wird für jedes Lastmoment auf einem vorbestimmten Wert proportional der Bezugsfrequenz gehalten und bleibt von Änderungen der Umgebungstemperatur oder Langzeitänderungen der Eigenschaften der verwendeten elektronischen Bauelemente unbeeinflusst. Weiterhin regelt die Regelung Schwankungen sehr schnell aus und läuft glatt und stabil an.

-25-  
Leerseite

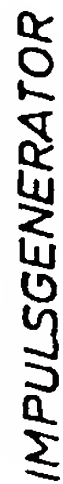
3005154

Fig. 1



030040/0613

Fig. 2



# SIGNALFORMERSCHALTUNG

Fig. 3

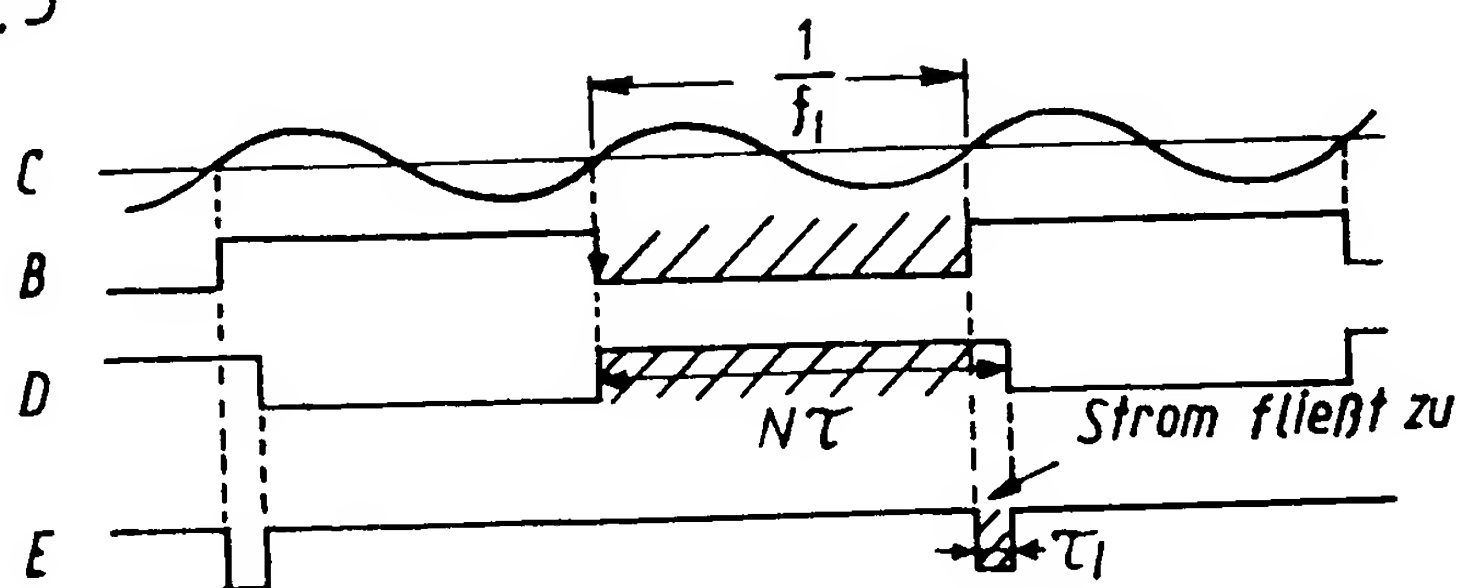


Fig. 4

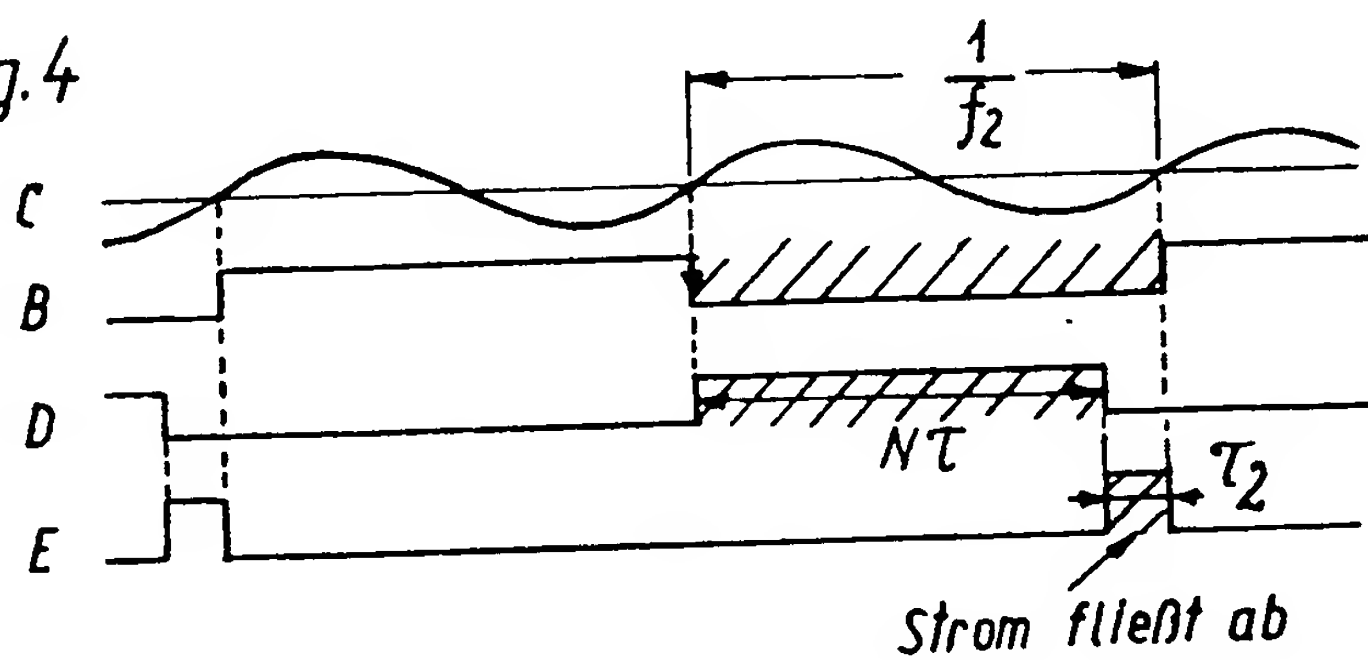


Fig. 5

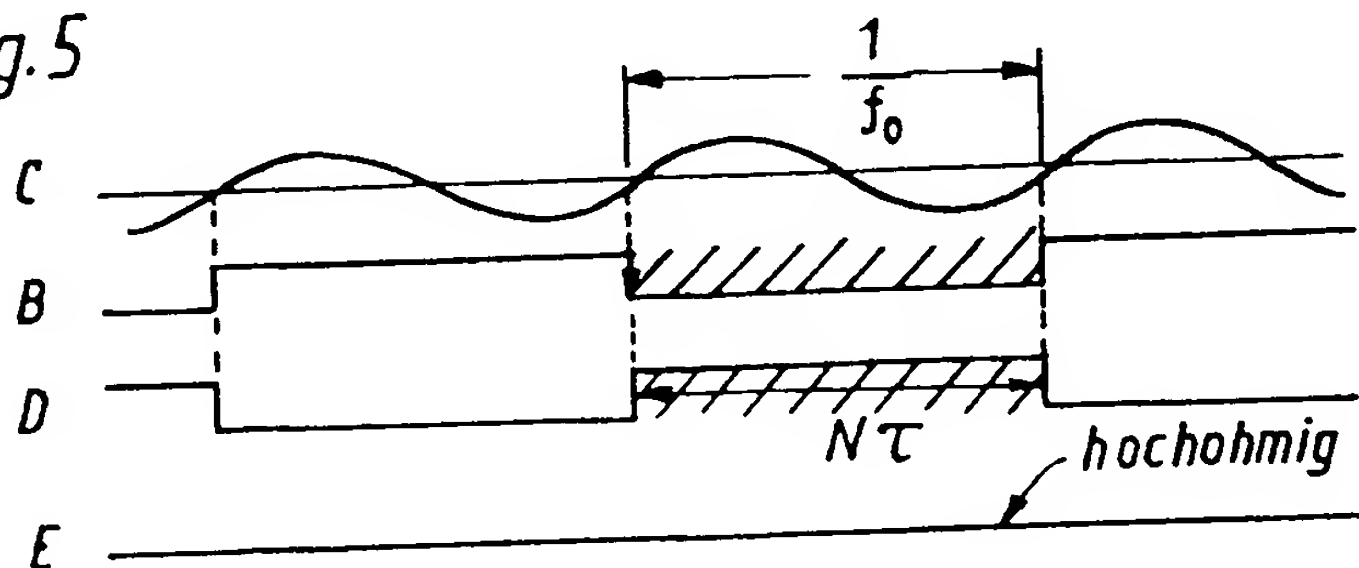




Fig. 6

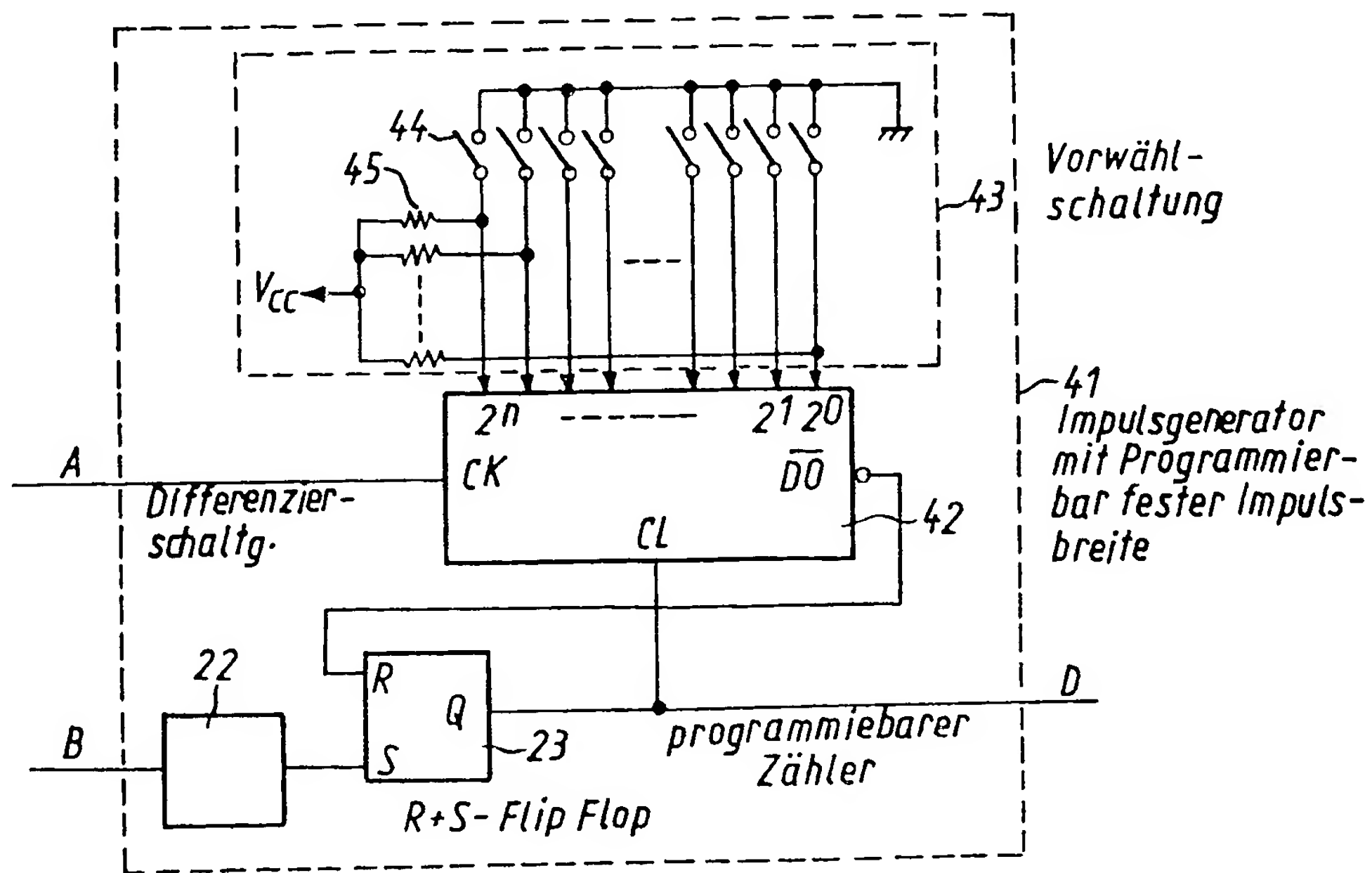


Fig. 7

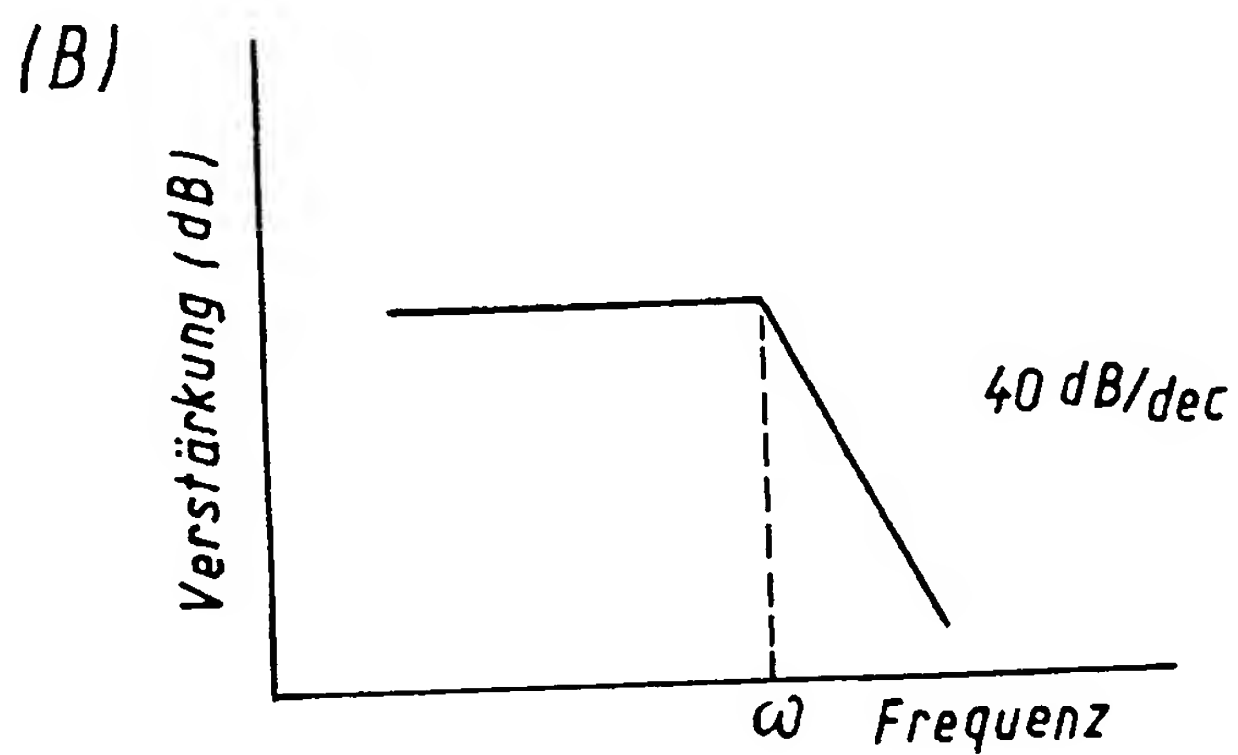
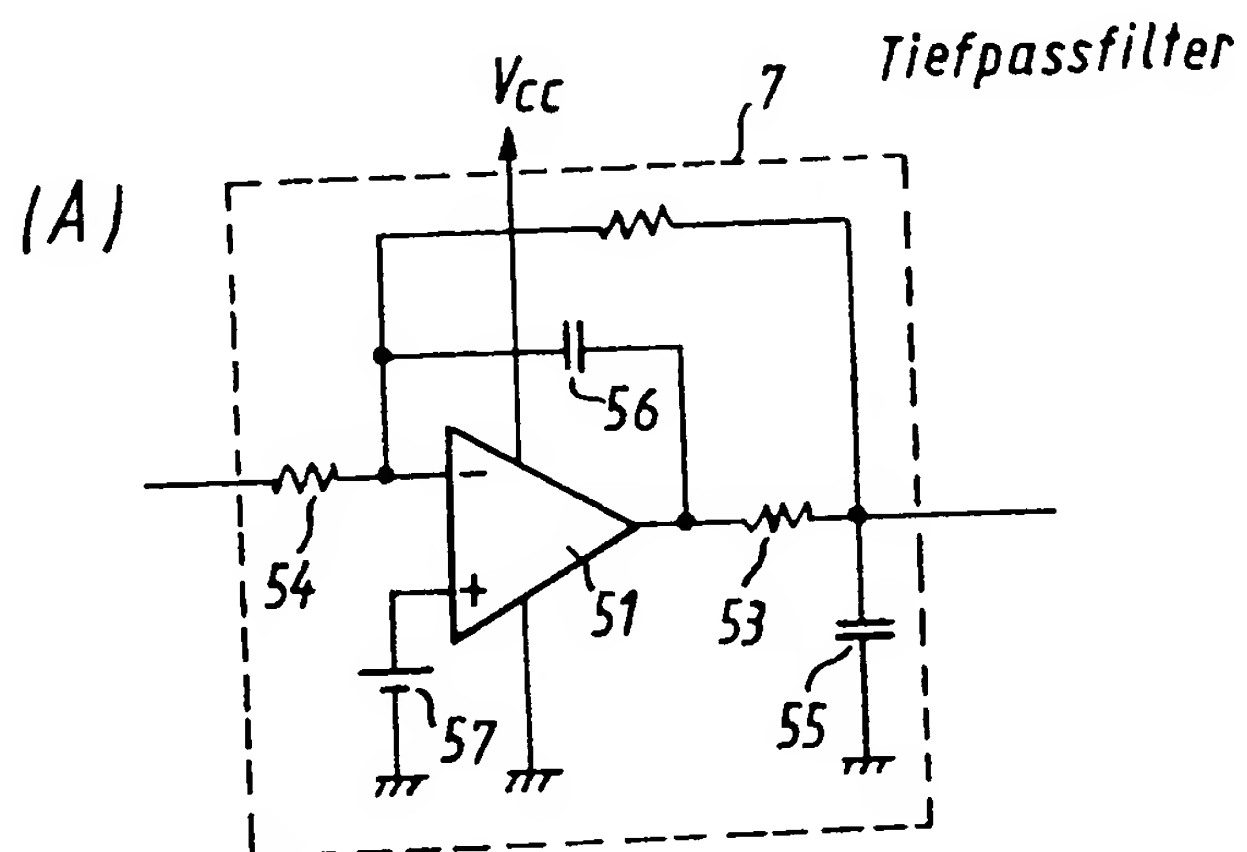
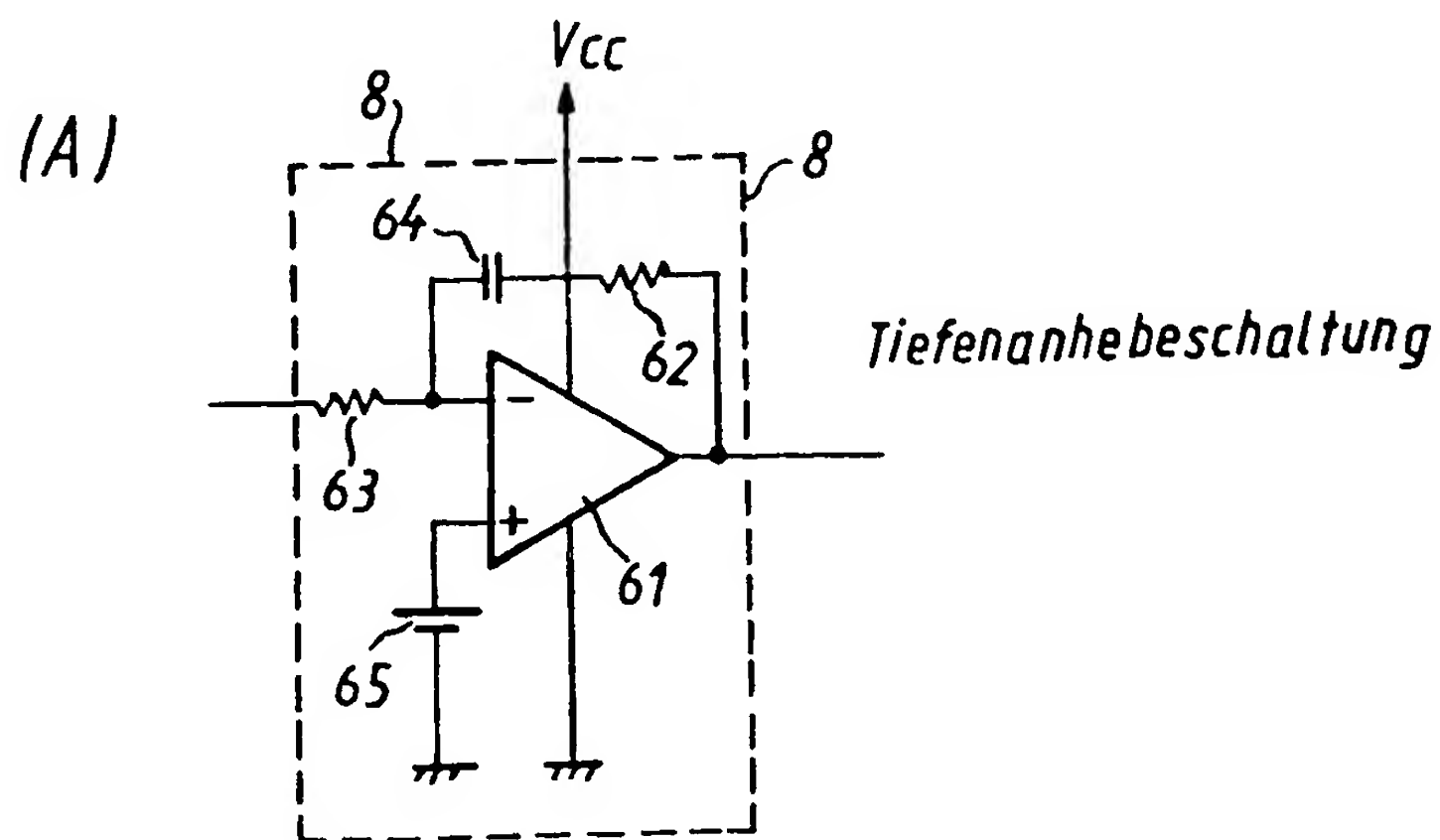


Fig. 8



(B)

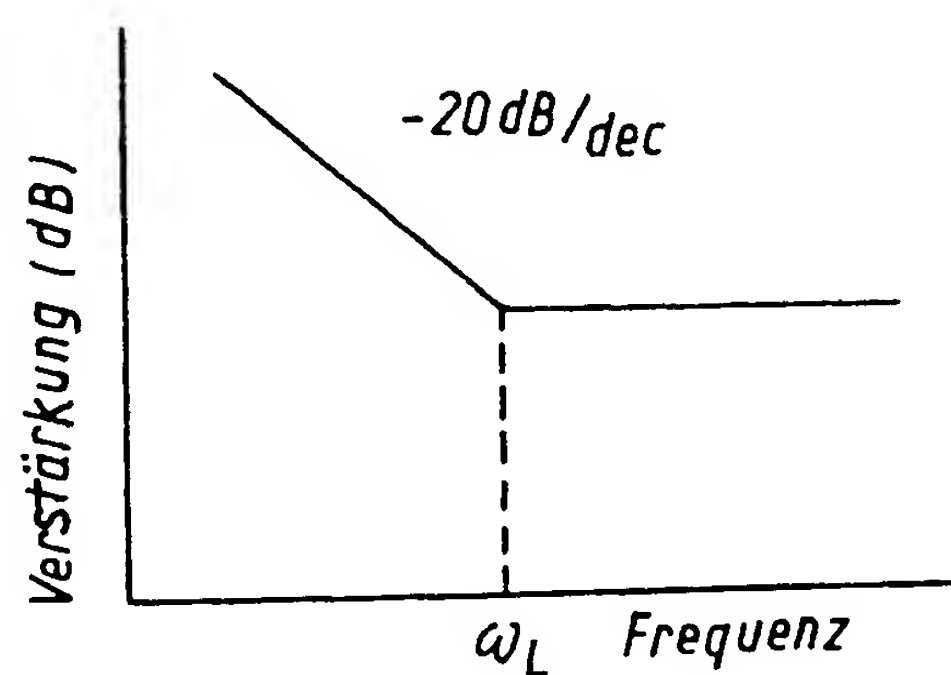


Fig. 9

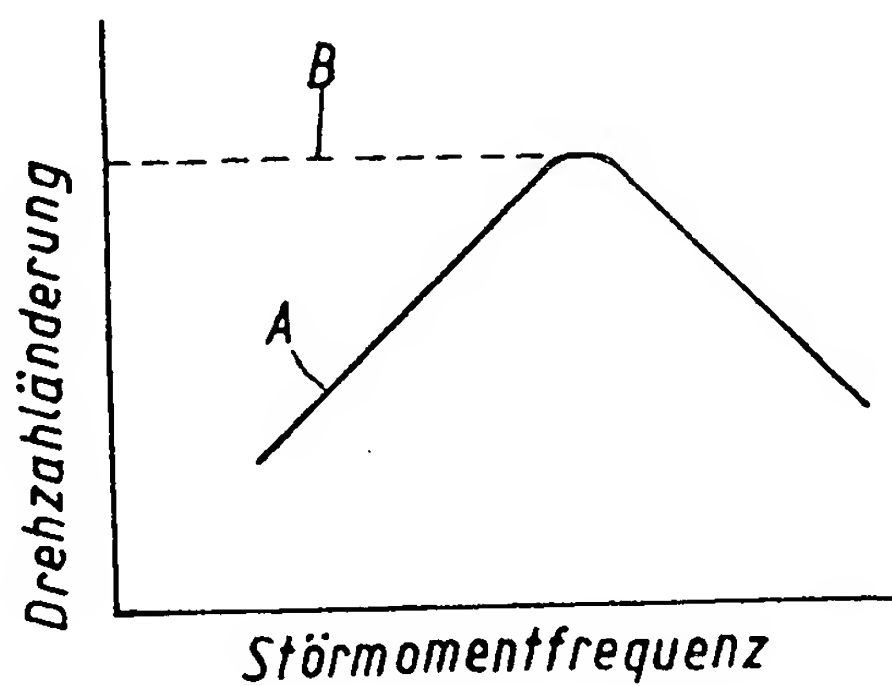


Fig. 10

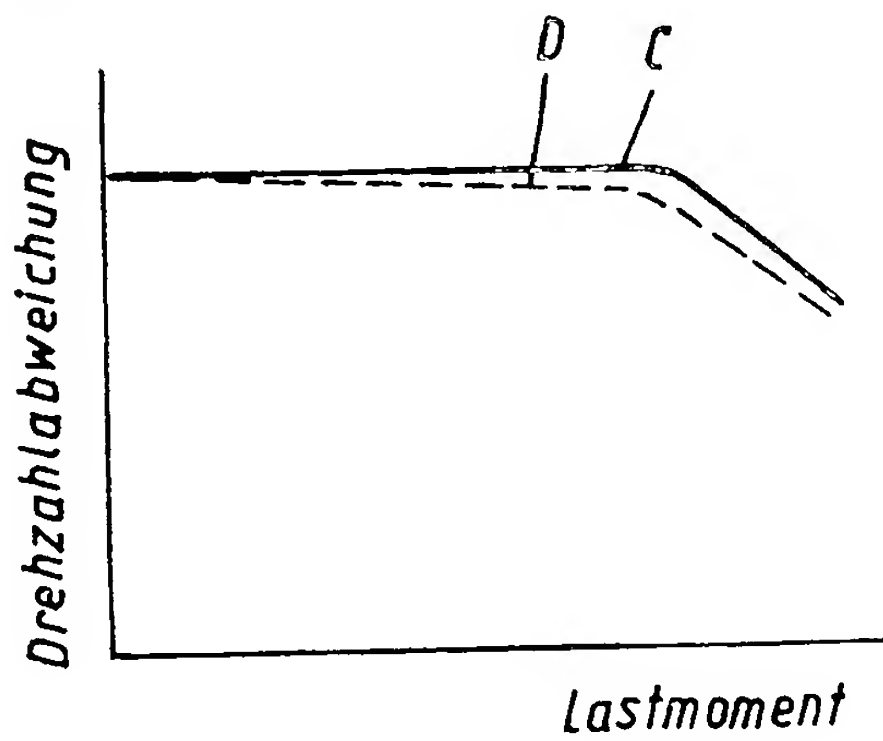


Fig.11

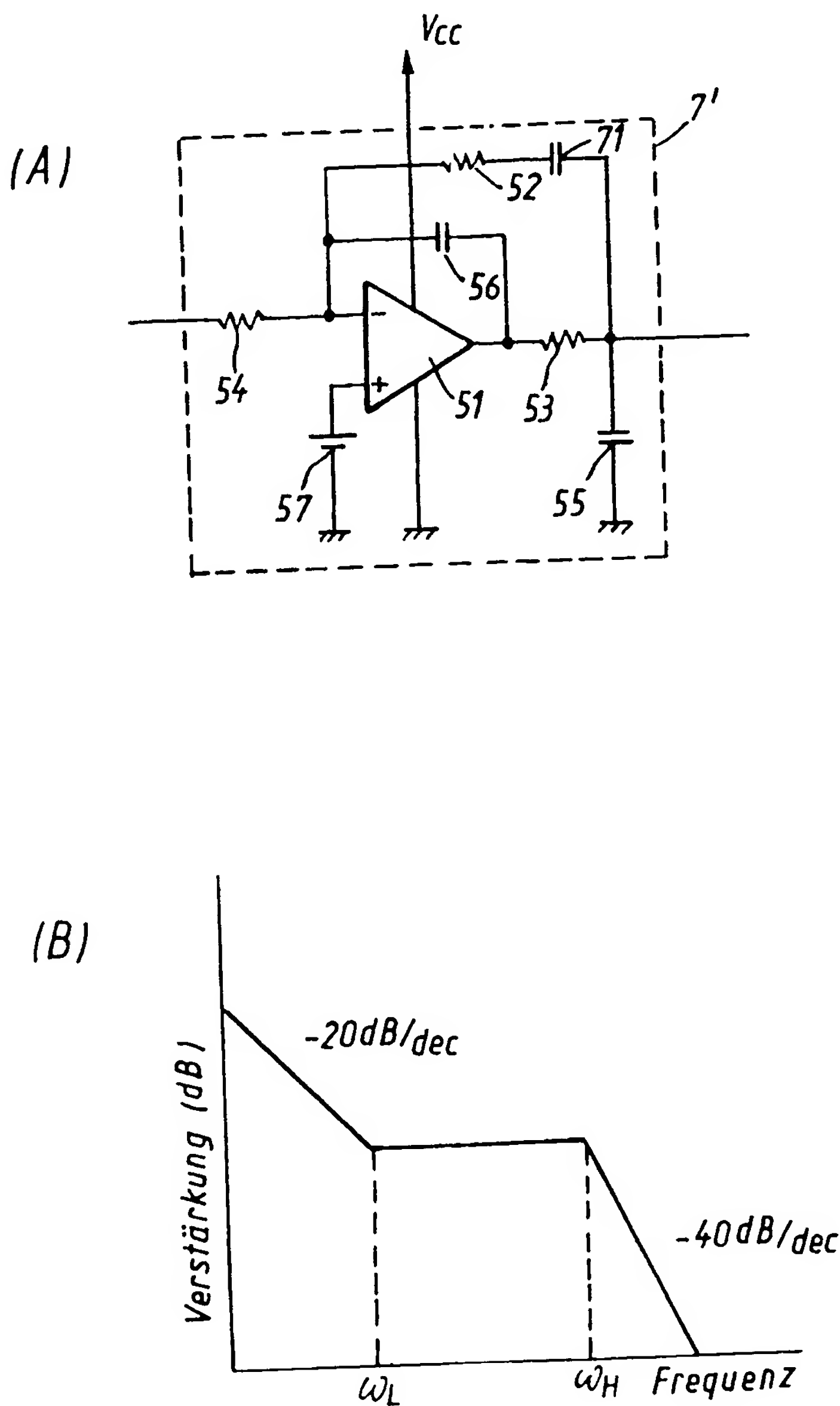


Fig. 12

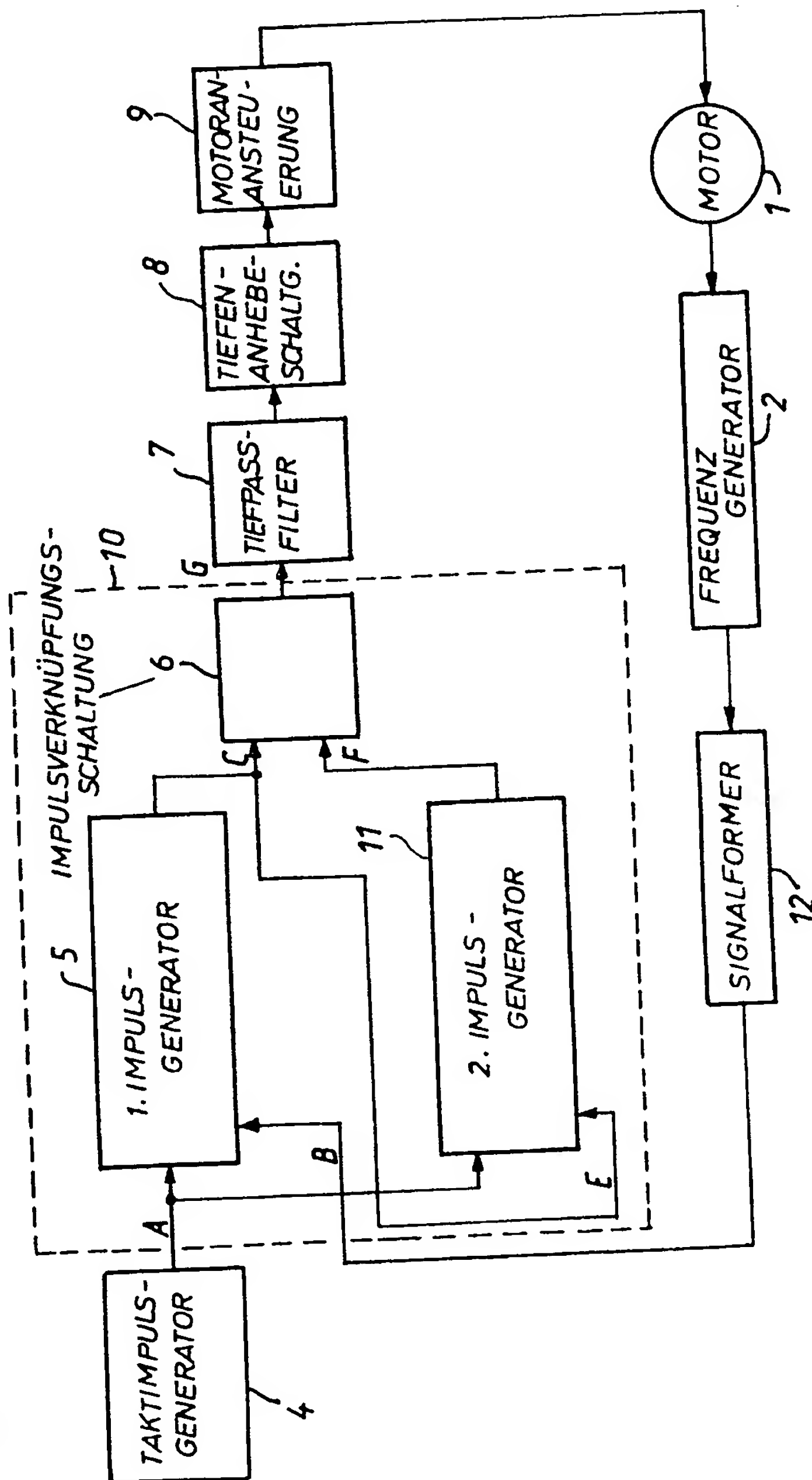


Fig.13

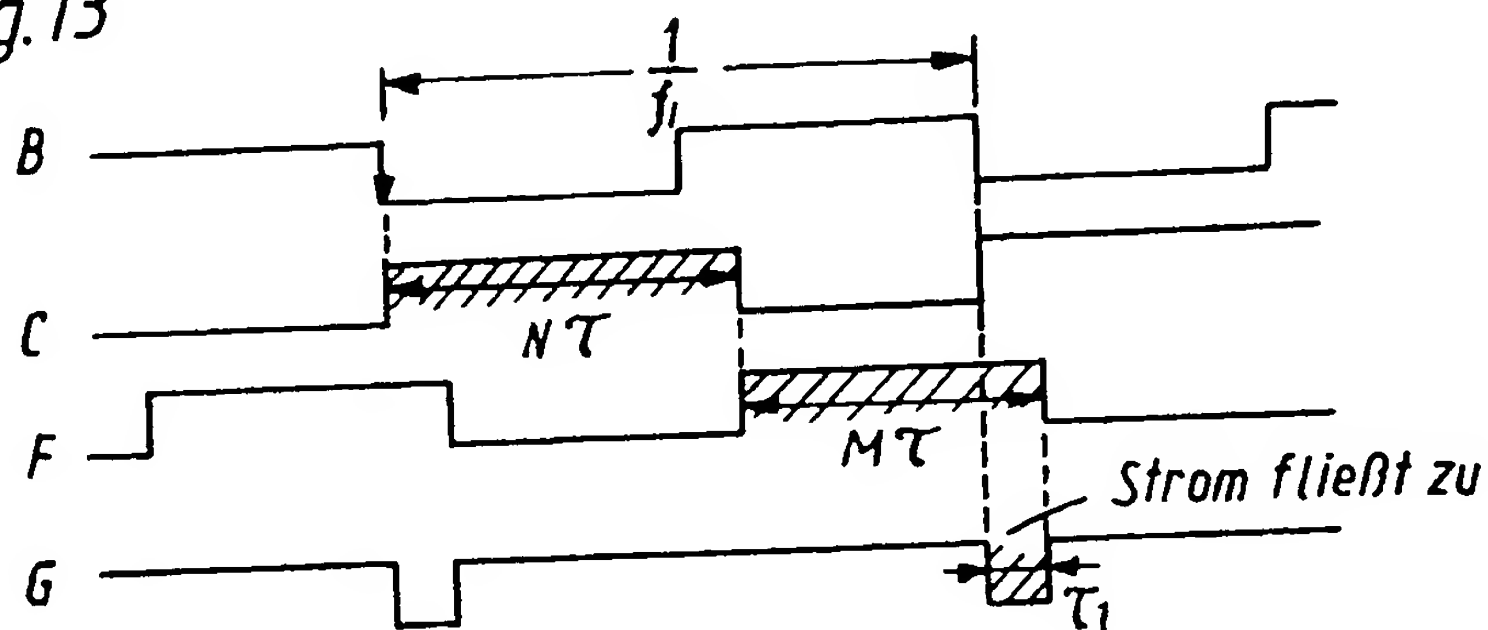


Fig.14

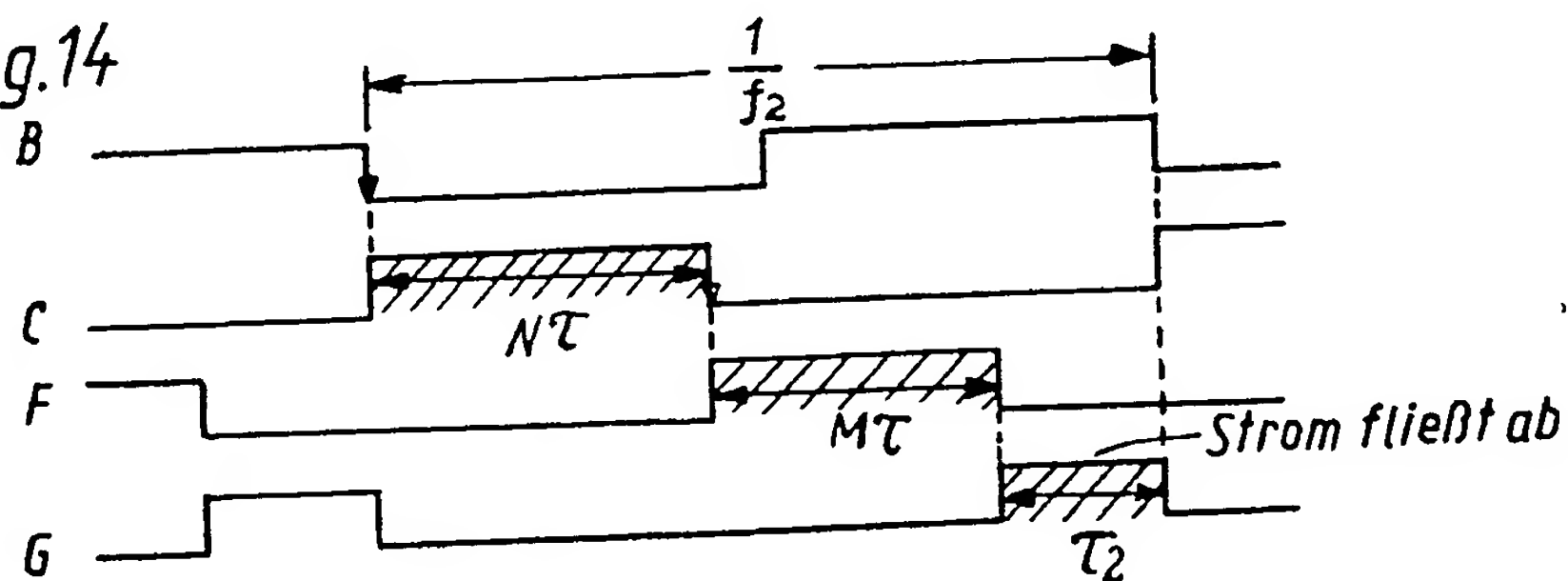


Fig.15

